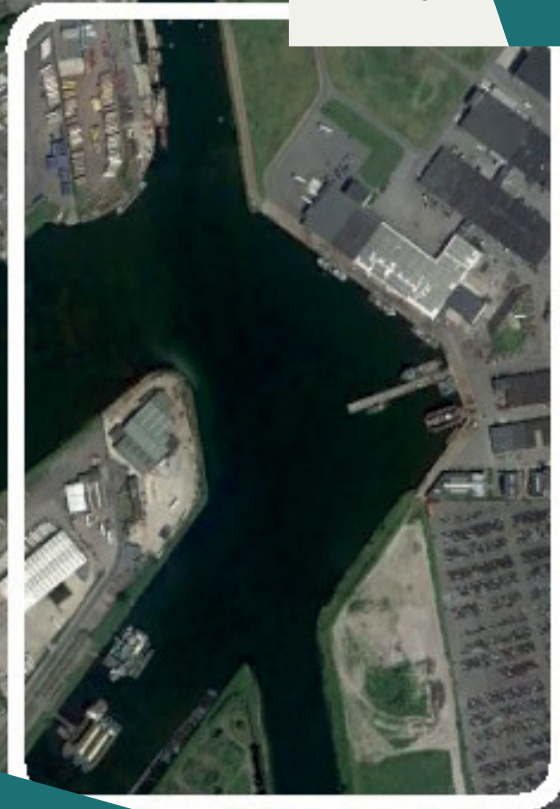





**Vlaanderen**  
is wetenschap



 Zeebrugge

17\_068\_1  
WL rapporten

## Haven van Zeebrugge

Impact van passerende schepen  
op afgemeerde schepen aan de vismijn

DEPARTEMENT  
**MOBILITEIT &  
OPENBARE  
WERKEN**

[waterbouwkundiglaboratorium.be](http://waterbouwkundiglaboratorium.be)

# Haven van Zeebrugge

## Impact van passerende schepen op afgemeerde schepen aan de vismijn

Vos, S.; Van Hoydonck, W.; Vantorre M.; Mostaert, F.

### Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.  
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.  
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

### Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2017  
D/2017/3241/244

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Vos, S.; Van Hoydonck, W.; Vantorre M.; Mostaert, F.** (2017). Haven van Zeebrugge: Impact van passerende schepen op afgemeerde schepen aan de vismijn. Versie 3.0. WL Rapporten, 17\_068\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.



Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

### Documentidentificatie

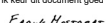
Opdrachtgever:	Afdeling Maritieme Toegang	Ref.:	WL2017R17_068_1
Keywords (3-5):	Zeebrugge, Vismijn, Passerende schepen, ROPES		
Tekst (p.):	18	Bijlagen (p.):	1
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	
	<input type="checkbox"/> Ja	Vrijgegeven vanaf:	01/01/2020
		Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid

Auteur(s):	Vos, S.; Van Hoydonck, W.
------------	---------------------------

### Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vantorre M. (UGent)	<small>Getekend door: Marc Vantorre (Signature) Getekend op: 2019-10-14 10:32:11 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small> 
Projectleider:	Vos, S.	<small>Getekend door: Sign Vos (Signature) Getekend op: 2019-09-16 15:24:39 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small> 

### Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	<small>Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-09-16 13:08:12 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small> 
-----------------	--------------	--

## Abstract

Het complex project Nieuwe Sluis Zeebrugge (NSZ) heeft als doel een nieuwe tweede toegang tot de achterhaven van Zeebrugge te realiseren en dit op de meest aangewezen locatie. Daartoe worden verschillende alternatieven grondig bestudeerd alvorens een definitieve keuze gemaakt wordt. Door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) werden zes locatiealternatieven nautisch gescreend met behulp van realtime vaarsimulaties (Vos et al., 2017). Bij drie van de zes alternatieven voorziet men een sluis in de westelijke regio van de haven. Indien één van deze alternatieven uiteindelijk uitgevoerd zal worden, dan zullen zeeschepen passeren aan de vismijn.

Momenteel heerst er bij de vismijn een bezorgdheid over de krachtwerking op afgemeerde vissersschepen. Afdeling Maritieme Toegang (aMT) stelde aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) de vraag om deze krachtwerking te onderzoeken.

Met behulp van het softwareprogramma ROPES werden krachten en momenten op een afgemeerd schip berekend bij verschillende vaarsnelheden. Deze krachten worden in voorliggend rapport vergeleken met de minimale breeksterkte van de meerlijnen. Deze breeksterkte is scheepsafhankelijk en werd bepaald aan de hand van regels van de classificatiemaatschappijen. Aannames worden in het rapport toegelicht. Vier afmeerlocaties van het vissersschip werden onderzocht. De meeste berekeningen werden uitgevoerd met een roro-schip met afmetingen 203 m x 31 m x 9.5 m. Voor de locatie die de grootste impact van passerende schepen zou ondervinden, werden berekeningen herhaald met een groter schip met afmetingen 265 m x 40 m x 9.5 m.

Uit de berekeningen met ROPES met het grootste schip volgt dat voor de meest nadelige afmeerpositie bij een snelheid lager dan 6 knoop de kracht minder dan 10% van de minimale breeksterkte bedraagt. Bij 8 knoop is deze kracht nog steeds kleiner dan 20%. De simulatiestudie (Vos et al., 2017) toonde aan dat de snelheden in de drie westelijke varianten steeds kleiner waren dan 6 knoop ter hoogte van de vismijn.

Het systeem is een dynamisch (massa-veer) systeem dat er voor zorgt dat in werkelijkheid de krachten in de lijnen nog kunnen vergroten, tot zelfs verdubbelen. Rekening houdend met de gangbare snelheden kleiner dan 6 knoop, is er nog steeds geen probleem.

De impact van golven op de oever of kade werden niet bestudeerd. Voor de krachtwerking op de afgemeerde schepen heeft het primair golfsysteem de grootste invloed. Het secundair golfsysteem kan mogelijks ook kortere golven bevatten die kleine bewegingen op de afgemeerde schepen veroorzaken. Een sleepboot, die eerder klein is t.o.v. een roro-schip, kan vermoedelijk ook golven veroorzaken die vervolgens met een zekere impact op de kade terechtkomen. De sleepbootkapitein dient hiermee rekening te houden door de snelheid te beperken indien er vissersschepen afgemeerd zijn.

# Inhoudstafel

Abstract .....	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren .....	VI
1 Inleiding .....	1
1.1 Situering.....	1
1.2 Onderzoeksvraag.....	1
1.3 Inhoud.....	2
2 Methodologie .....	3
2.1 Krachtwerking.....	3
2.2 ROPES .....	3
2.2.1 Input .....	3
2.2.2 Output .....	6
2.3 Minimale breeksterkte .....	9
3 Resultaten.....	12
3.1 Langs- en dwarskrachten.....	12
3.2 Vergelijking met minimale breeksterkte .....	15
3.3 Secundair golfsysteem.....	16
4 Conclusie en aanbevelingen .....	17
5 Referenties .....	18
Bijlage 1: resultaten krachten.....	19

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Schepen gebruikt voor de berekeningen in ROPES .....	4
Tabel 2: Programma van uitgevoerde berekeningen .....	6
Tabel 3: Berekening equipment number (EN).....	11
Tabel 4: Resulterende krachten op het vissersschip .....	19

## Lijst van de figuren

Figuur 1 - Zeebrugge met aanduiding 'regio Vismijn' (Bron GoogleEarth™) .....	2
Figuur 2 - Zeevisserijvloot in Zeebrugge op 9/10/2014.....	4
Figuur 3: Omgeving met startpositie (links) en eindpositie (rechts) van passerend schip .....	5
Figuur 4: Posities afgemeerde vissersschepen.....	5
Figuur 5: Krachten $F_x$ , $F_y$ en moment $M_z$ (conventie) .....	6
Figuur 6: Krachten $F_x$ , $F_v$ en $F_a$ .....	7
Figuur 7: Langskracht, dwarskracht en giermoment in functie van tijd op het vissersschip bij passage RoRo1, positie 4, 6 knoop .....	7
Figuur 8: Langskracht, dwarskrachten voor- en achteraan in functie van tijd op het vissersschip bij passage RoRo1, positie 4, 6 knoop.....	8
Figuur 9: Minimale breeksterkte in functie van equipment number volgens DNV (Det Norske Veritas, 2010)9	
Figuur 10: Equipment number (Det Norske Veritas, 2010).....	10
Figuur 11: Berekening equipment number (EN): aanduiding $a$ en $h_i$ (Bron: Marine Traffic, Kees Koese) .....	10
Figuur 12: RoRo1 passeert vissersschip op positie 1: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip.....	12
Figuur 13: RoRo1 passeert vissersschip op positie 2: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip.....	13
Figuur 14: RoRo1 passeert vissersschip op positie 3: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip.....	13
Figuur 15: RoRo1 passeert vissersschip op positie 4: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip.....	14
Figuur 16: RoRo1 passeert vissersschip, krachten in functie van afmeerpositie van het vissersschip bij 2, 4 en 6 knoop.....	14
Figuur 17: RoRo2 passeert vissersschip op positie 4: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip.....	15
Figuur 18: Vergelijking maximale langskracht met minimale breeksterkte voor vissersschip1 en vissersschip2 .....	16



# 1 Inleiding

## 1.1 Situering

Onderstaande informatie is grotendeels afkomstig van de website [www.nieuwesluiszeebrugge.be](http://www.nieuwesluiszeebrugge.be).

De achterhaven van Zeebrugge is een zone die volop groeit. Momenteel verloopt het scheepvaartverkeer naar die achterhaven louter via de Pierre Vandammesluis. De tweede zeesluis die momenteel toegang biedt tot de achterhaven, de Visartsluis, dateert immers al van 1907, is sterk verouderd en beantwoordt niet meer aan de noden van de huidige scheepvaart. Het verbeteren van de nautische toegankelijkheid tot de (achter)haven van Zeebrugge is daarom nodig.

De Pierre Vandammesluis draait vandaag al op volle toeren. Deze sluis is bovendien sinds 1984 in gebruik en ondergaat momenteel grote onderhoudswerkzaamheden. Tijdens deze onderhoudswerkzaamheden is vastgesteld dat ingrijpende werkzaamheden op middellange termijn noodzakelijk zullen zijn om de sluis op lange termijn in bedrijf te houden. Voor deze werkzaamheden zal de Pierre Vandammesluis gedurende een langere tijd buiten gebruik gesteld moeten worden met als gevolg dat het schutten van schepen via de Pierre Vandammesluis voor enige tijd onmogelijk zal zijn.

De realisatie van een tweede volwaardige toegang tot de achterhaven is, rekening houdend met de verdere ontwikkeling van de achterhaven en de bijhorende capaciteitsnoden enerzijds en huidige staat van de Pierre Vandammesluis anderzijds, een noodzaak.

Op 15 juli 2016 nam de Vlaamse Regering de startbeslissing voor het project dat van cruciaal belang is voor de verdere groei en ontwikkeling van de haven van Zeebrugge. Dit project wordt getrokken vanuit het departement Mobiliteit en Openbare Werken en dit volgens de procesaanpak voor complexe projecten in Vlaanderen. De aanpak voor complexe projecten streeft naar een efficiënt en kwaliteitsvol proces, dat gericht is op de realisatie van een complex project binnen een aanvaardbare termijn en met een maximaal draagvlak. Meer informatie over de procesaanpak vindt men op <http://www.complexeprojecten.be/>.

Het project, genaamd Nieuwe Sluis Zeebrugge (NSZ), heeft als doel een nieuwe tweede toegang tot de achterhaven te realiseren op de meest aangewezen locatie. Daartoe worden verschillende alternatieven grondig bestudeerd alvorens een definitieve keuze gemaakt wordt. Daarna volgt nog de technische uitwerking en de uitvoering van het gekozen alternatief.

## 1.2 Onderzoeksvraag

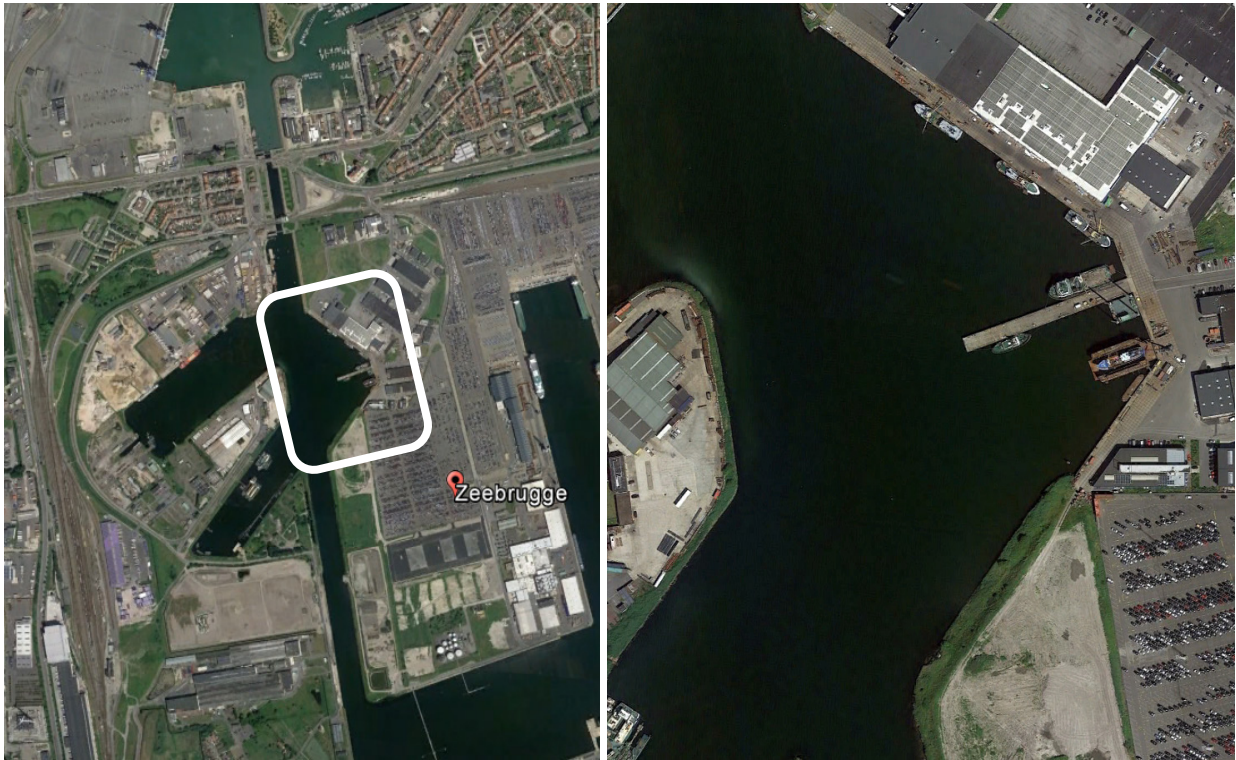
Door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) werden zes locatiealternatieven nautisch gescreend met behulp van realtime vaarsimulaties (Vos *et al.*, 2017). Bij drie van de zes alternatieven voorziet men een sluis in de westelijke regio van de haven. Indien één van deze alternatieven uiteindelijk uitgevoerd zal worden, dan zullen zeeschepen passeren aan de vismijn. Figuur 1 toont de situatie met links een beeld van de westelijke regio van de haven en rechts een zicht op de afmeerplaatsen aan de vismijn.

Momenteel heerst er bij de vismijn een bezorgdheid over de krachtwerking op afgemeerde vissersschepen. Afdeling Maritieme Toegang (aMT) stelt aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) de vraag om de krachtwerking te onderzoeken.



Figuur 1 - Zeebrugge met aanduiding 'regio Vismijn' (Bron GoogleEarth™)

---



### 1.3 Inhoud

Hoofdstuk 2 beschrijft de gehanteerde methodologie. In hoofdstuk 3 worden resultaten gepresenteerd. Tot slot volgt in hoofdstuk 4 een conclusie met aanbevelingen.

## 2 Methodologie

Volgend hoofdstuk beschrijft de gevolgde methodologie waarbij de in- en output van het softwareprogramma ROPES verduidelijkt worden. Hierbij worden verder ook aannames toegelicht. Met ROPES werden krachten en momenten berekend. Deze krachten worden vergeleken met de minimale breeksterkte van de meerlijnen. De breeksterkte is scheepsafhankelijk en kan bepaald worden aan de hand van regels van de classificatiemaatschappijen.

### 2.1 Krachtwerking

Een varend schip genereert golven. In de literatuur wordt dit golfsysteem dikwijls opgesplitst in een primair en een secundair golfsysteem. Simplistisch uitgelegd zal het primair golfsysteem zich mee met het schip bewegen. Het is als het ware een drukveld rondom het schip dat zich mee met het schip verplaatst. Het secundair golfsysteem kent men als de relatief korte golven die men ziet achter het schip.

In voorliggend rapport wordt geen gedetailleerde uitspraak gedaan over golven ter plaatste van de vismijn. Er werd een analyse uitgevoerd met het softwarepakket ROPES waarbij krachten en momenten berekend werden wanneer een varend schip een afgemeerd schip passeert. Deze krachtwerking kan gelinkt worden aan het primair golfsysteem.

### 2.2 ROPES

Het effect van een varend schip op een afgemeerd schip werd in het verleden onderzocht in de sleeptank van het Waterbouwkundig Laboratorium in samenwerking met de afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent in het kader van het Joint Industry Project (JIP) ROPES. PMH bv ontwikkelde, een computerapplicatie genaamd ROPES, dat onder andere op basis van deze experimenten gevalideerd werd. Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over een licentie vanwege de betrokkenheid binnen het Joint Industry Project ROPES. De applicatie laat toe om krachten en momenten te berekenen op schepen wanneer een schip een afgemeerd schip passeert.

Hieronder volgt de gehanteerde input en enkele voorbeelden van output van ROPES.

#### 2.2.1 Input

De schepen en de omgeving worden beschreven welke als input dienden bij de berekeningen in ROPES.

#### Schepen

Op basis van een lijst 'officiële lijst van de Belgische vissersvaartuigen – toestand op 9 oktober 2014' (zie Figuur 2) werd een vissersschip geselecteerd om af te meten. Uit het programma Delftship werd een 3D-model (parent09 sterntrawler) geëxporteerd en geschaald. Verder wordt dit schip 'Vissersschip' genoemd. Daarnaast werden in eerste instantie berekeningen uitgevoerd met een RoRo-schip met karakteristieke afmetingen overeenkomstig het schip Pauline van de firma Cobelfret. Dit schip wordt verder RoRo1 genoemd. Vermits ook grotere schepen mogelijks naar de achterhaven via de sluis zullen varen, werden voor de afmeerlocatie waar het vissersschip de grootste impact ondervindt, ook nog enkele berekeningen met een opgeschaald roro-schip uitgevoerd. Het schip werd geschaald overeenkomstig de afmetingen van het simulatieschip gebruikt in de simulatiestudie (Vos *et al.*, 2017). Deze afmetingen

werden voor de simulatiestudie bepaald door MBZ. Het schip wordt verder RoRo2 genoemd. In Tabel 1 worden enkele karakteristieken van de schepen opgenomen.

Figuur 2 - Zeevisserijvloot in Zeebrugge op 9/10/2014

Zeebrugge - Zeevisserijvloot

Inschrijvingsletter en nummer	Naam van het vaartuig	Roepnaam	Registratienummer	Uitrusting	Karakteristieken		Tonnenmaten		Gebouwd			Motor			Eigenaar
					L.O.A. In m.	B.O.A. In m.	Bruto	Netto	Jaar	Werf (p.21-22)	Materiaal (p.4)	Merk	kW	Jaar	
Z.8	AQUARIUS	OPAH	01 00033 1996	B	21,91	5,81	56	17	1967	19	S	Caterpillar	220	1994	Praet Rudy
Z.18	SOETKIN	OPAR	01 00415 1999	B	37,79	8,56	386	115	2000	27	S	ABC	905	2012	B.V.B.A. Rederij Versluys-Couwzyer
Z.19	SONJA	OPAS	01 00310 1996	B	30,70	7,27	159	47	1974	7	S	Cummins	515	2009	B.V.B.A. Rederij Thysebaerd
Z.35	ORA ET LABORA	OPBI	01 00333 1996	F	38,22	8,58	384	115	1997	7	S	Stork Wärtsila	957	1997	N.V. Rederij Jacobus
Z.39	ZUIDERZEE	OPBM	01 00271 1996	B	32,50	8,08	251	75	1982	2/3	S	ABC	706	2010	B.V.B.A. Vita Nova
Z.45	STEPHANIE	OPBS	01 00042 1996	B	37,78	8,58	388	116	1996	7	S	Wärtsilä	960	2012	B.V.B.A. Rederij Stephanie
Z.47	DE MARIE LOUISE	OPBU	01 00163 1996	B	38,31	8,59	387	116	1992	24	S	ABC	1145	2001	B.V.B.A. Rederij De Marie Louise
Z.53	VAN EYCK	OPCA	01 00313 1996	B	34,29	7,58	234	70	1981	3	S	ABC	662	2012	N.V. Irina's
Z.55	GOEDE HOOP	OPCC	01 00221 1996	B	23,99	5,38	60	18	1962	25	S	Cummins	221	1998	Deman Huibrecht – D'hauw Mireille - Deman Kurt - Snauwaert Inge
Z.56	PIETER	OPCD	01 00410 1999	B	23,83	6,57	140	42	1999	47	S	Mitsubishi	221	2003	B.V.B.A. Christoph
Z.59	RAQUEL	OPCG	01 00577 2005	B	37,20	8,05	275	82	1981	57	S	ABC	750	1981	B.V.B.A. Rederij Schiltz
Z.60	BLUE ANGEL	OPCH	01 00421 1999	B	37,83	8,56	388	116	2001	27	S	ABC	706	2012	N.V. Beheer Shamrock
Z.63	THALASSA	OPCK	01 00188 1996	B	20,04	6,26	68	20	1987	22	S	Cummins	219	2000	B.V.B.A. Moby Dick
Z.67	RUBENS	OPCO	01 00064 1996	B	34,90	8,49	284	85	1984	7	S	ABC	707	2012	B.V.B.A. Aude Audenda
Z.75	ZELDENRUST <sup>8</sup>	OPCW	01 00148 1996	GESCHRAPT ALS VISSERSVAARTUIG OP 03/06/2014										N.V. Rederij Noordster B.V.B.A. Rederij Stephanie N.V. Irina's	
Z.80	SILVERPIT	OPDB	01 00296 1996	B	23,85	6,08	78	23	1984	2	S	Mitsubishi	221	1997	B.V.B.A. Rederij Silverpit

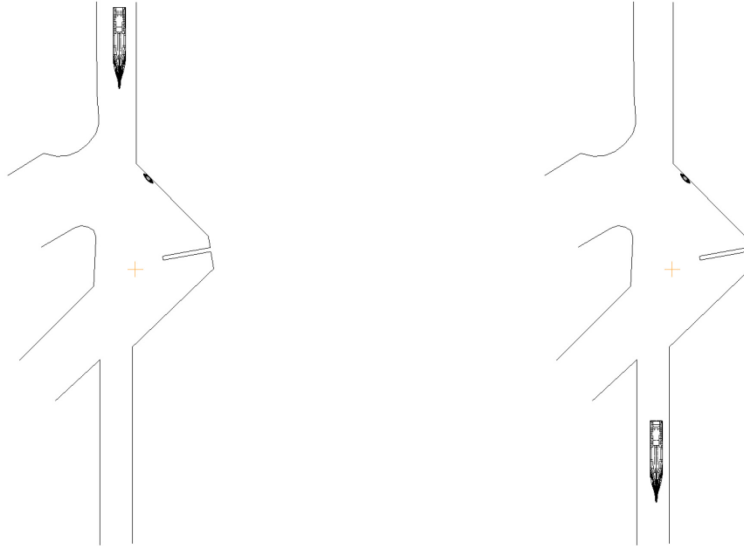
Tabel 1 - Schepen gebruikt voor de berekeningen in ROPES

Parameter	Eenheid	Vissersschip	RoRo1	RoRo2
Lengte (Loa)	m	35	203	265
Breedte (B)	m	9	32	40
Diepgang (T)	m	3.6	9.5	9.5
Displacement (Δ)	ton	579	27340	45781

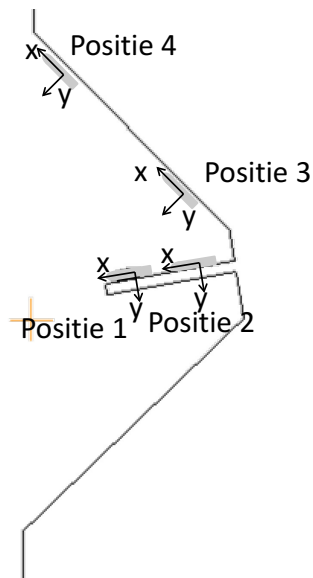
## Omgeving

Figuur 3 toont de geïmplementeerde omgeving met links de startpositie en rechts de eindpositie van het schip. Het schip voer bij alle berekeningen in zuidelijke richting. In Figuur 4 worden 4 posities van afgemeerde vissersschepen voorgesteld, samen met hun lokaal assenstelsel (zie ook §2.2.2 Conventies).

Figuur 3: Omgeving met startpositie (links) en eindpositie (rechts) van passerend schip



Figuur 4: Posities afgemeerde vissersschepen



Verder werden berekeningen uitgevoerd met:

- Waterdiepte 18.4 m (zie ook simulatiestudie (Vos *et al.*, 2017))
  - o Resultaat van bodem op -15.1 m TAW en
  - o waterstand 3.3 m TAW;

- Variatie van de snelheid van 2 tot en met 12 knoop, met stappen van 2 knoop
  - o Uit de simulatiestudie volgt dat de snelheden ter hoogte van de vismijn steeds kleiner zijn dan 6 knoop;
  - o Om een idee te geven van de variatie van de krachten in functie van een grotere snelheid werden berekeningen echter ook voor grotere snelheden uitgevoerd
- Overall verticale oevers
  - o Dit is een vereenvoudiging maar zal op het eindresultaat geen significante invloed hebben;
  - o De exacte bathymetrie is niet gekend en zal mogelijks in de toekomst, na uitvoering nog wijzigen

### Programma

Tabel 2 toont het uitgevoerde programma van de berekeningen. Met RoRo1 werden de 4 posities bestudeerd met een snelheid variërend van 2 tot en met 12 knoop. Bij de analyse bleek dat positie 4 de grootste invloed ondervond van het passerend schip en vandaar dat voor positie 4 de berekeningen ook herhaald werden met RoRo2, het groter schip.

Tabel 2: Programma van uitgevoerde berekeningen

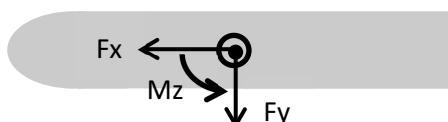
Varend schip		Afgemeerd ship	
Naam	Snelheid [knoop]	Naam	Positie
RoRo1	2 4 6 8 10 12	Vissersschip	1
RoRo1	2 4 6 8 10 12	Vissersschip	2
RoRo1	2 4 6 8 10 12	Vissersschip	3
RoRo1	2 4 6 8 10 12	Vissersschip	4
RoRo2	2 4 6 8 10 12	Vissersschip	4

### 2.2.2 Output

#### Conventies

Bij elke berekening worden door het programma ROPES krachten en momenten in functie van de tijd weggeschreven. Beiden worden ze uitgedrukt ten opzichte van een lokaal scheepsassenstelsel. De conventie van de krachten ( $F_x$  en  $F_y$ ) en moment ( $M_z$ ), welke voor voorliggende studie van belang, worden getoond in Figuur 5.

Figuur 5: Krachten  $F_x$ ,  $F_y$  en moment  $M_z$  (conventie)



Het krachtenevenwicht kan herschreven worden waarbij het moment  $M_z$  en de kracht  $F_y$  herleid worden naar een dwarskracht op het voorschip ( $F_v$ ) en een dwarskracht op het achterschip ( $F_a$ ), zie Figuur 6.

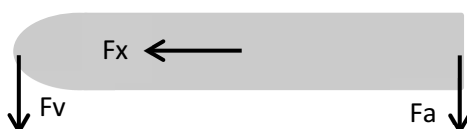
Er geldt:

$$F_v = \frac{F_y}{2} + \frac{M_z}{L_{pp}}$$

$$F_a = \frac{F_y}{2} - \frac{M_z}{L_{pp}}$$

Bij de berekeningen werd ter vereenvoudiging  $L_{pp}$  gelijk genomen aan  $L_{oa}$  (zie Tabel 1)

Figuur 6: Krachten  $F_x$ ,  $F_v$  en  $F_a$

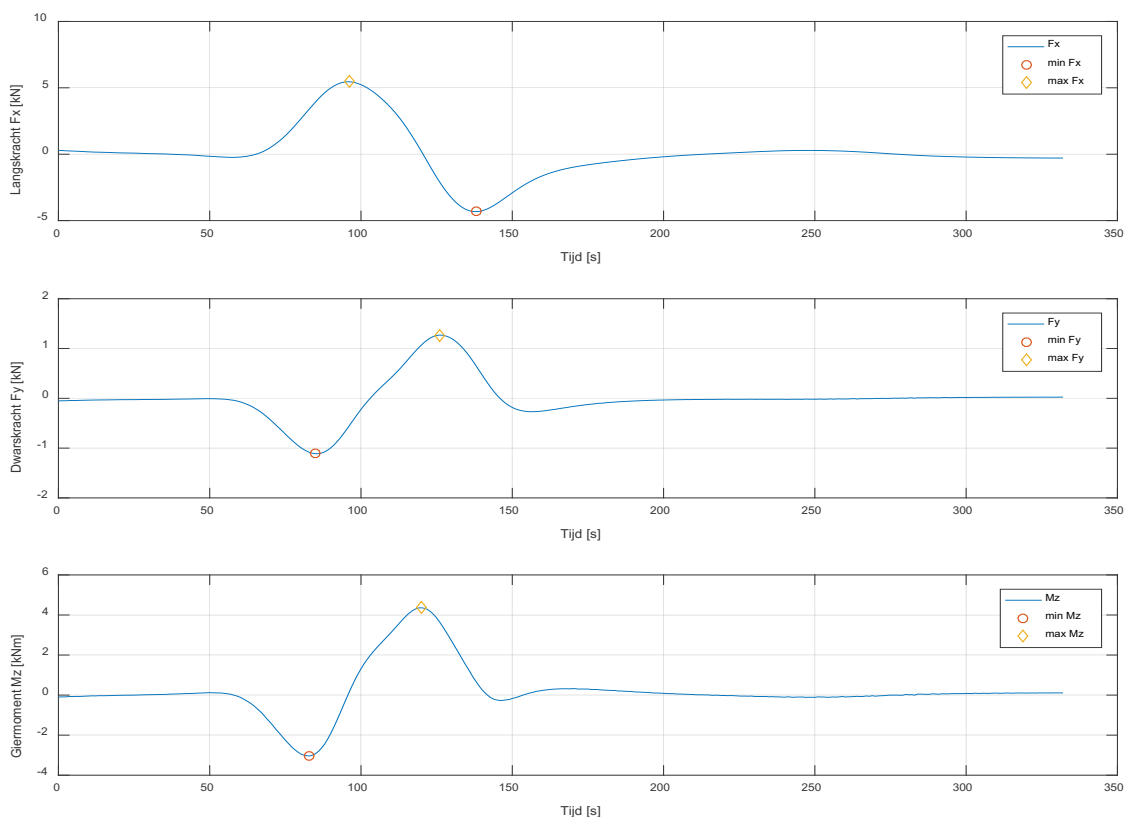


$F_x$  wordt verder de langskracht genoemd en  $F_v$  en  $F_a$  de dwarskrachten respectievelijk voor- en achteraan.

### Krachten en momenten in functie van de tijd

Zoals reeds hierboven vermeld worden door ROPES de krachten in functie van de tijd weggeschreven. Figuur 7 toont een voorbeeld van de krachten op het vissersschip op positie 4 wanneer RoRo1 passeert met een snelheid van 6 knoop. Figuur 8 toont de ontbonden krachten voor dezelfde berekening. In alle figuren worden minimale en maximale krachten aangeduid.

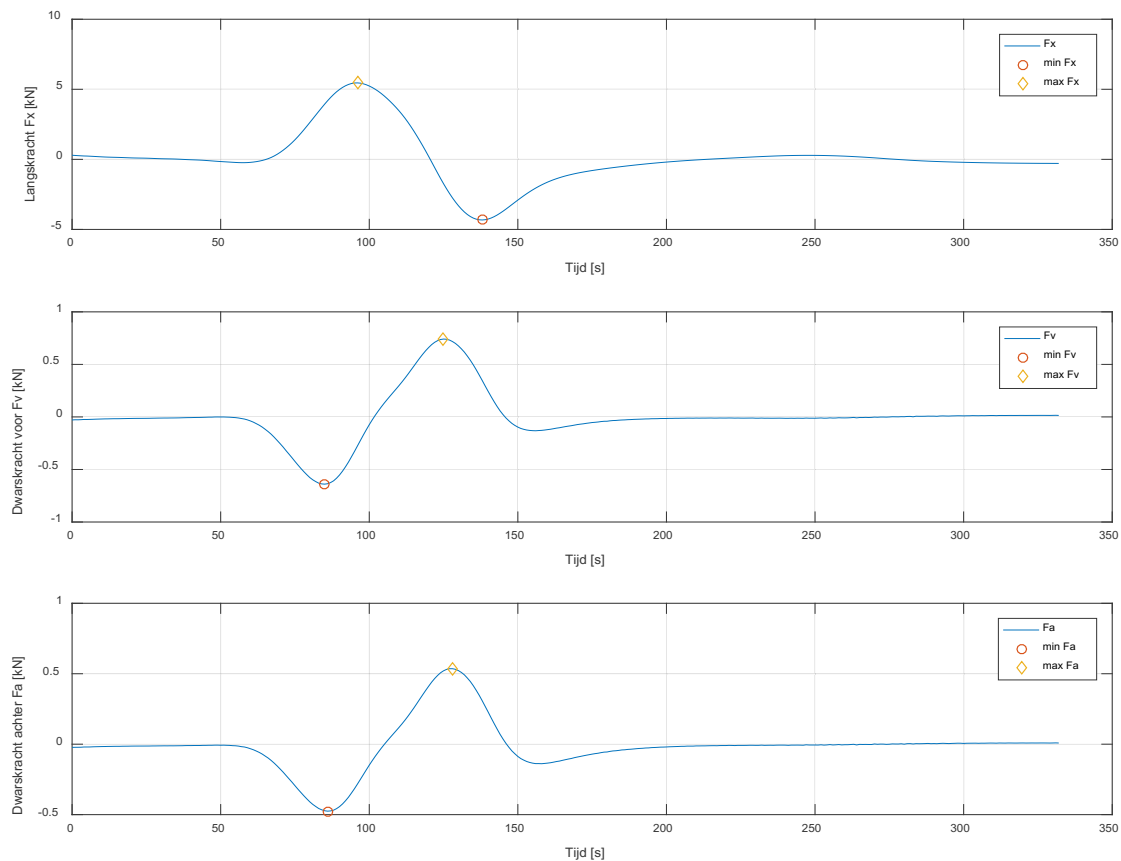
Figuur 7: Langskracht, dwarskracht en giermoment in functie van tijd op het vissersschip bij passage RoRo1, positie 4, 6 knoop



Men kan de krachtwerking op het afgemeerd schip op positie 4 in functie van de tijd als volgt beschrijven. Voor de langskracht geldt dat wanneer het schip passeert, het afgemeerd schip eerst een kleine kracht achterwaarts ondervindt. Vervolgens werkt de langskracht voorwaarts waarna deze weer achterwaarts werkt. Iets analoog geldt voor de dwarskracht waarbij in eerste instantie het afgemeerd schip een kracht naar de kaai toe ondervindt (negatieve y-kracht), gevolgd door een kracht van de kaai weg. Het moment neemt in eerste instantie negatieve waarden aan, waarna het giermoment van teken wisselt.

Wanneer men deze krachtwerking vertaalt naar scheepsbewegingen dan kan men stellen dat bij het passeren van het schip het vissersschip voorwaarts beweegt richting het varend schip. Op dat moment wordt de boeg richting de kade geduwd (negatief moment en negatieve dwarskracht). Vervolgens zal het vissersschip achterwaarts bewegen waarbij ook een dwarse beweging optreedt richting het passerend schip (positieve dwarskracht). Het giermoment wordt positief wat resulteert in een beweging in tegenwijzerzin.

Figuur 8: Langskracht, dwarskrachten voor- en achteraan in functie van tijd op het vissersschip bij passage RoRo1, positie 4, 6 knoop



Na ontbinding van de krachten in een dwarskracht voor- en achteraan op het schip, merkt men op dat een gelijkaardige beschrijving van de beweging opgemaakt kan worden. Bij het passeren van het schip zullen beide dwarskrachten eerst negatief worden wat neerkomt op een afstoting tussen beide schepen. Het afgemeerd schip wordt als het ware richting de kade geduwd. Vervolgens worden beide krachten positief wat zicht vertaalt in een beweging richting de vaarweg. De dwarskracht vooraan is groter in magnitude dan deze achteraan bij de afstoting (negatieve kracht) en groter bij de aantrekking (positieve kracht). Dit verschil is een gevolg van het moment.



De bewegingen van het afgemeerd vissersschip kan men verhinderen door het schip vast te leggen met meerlijnen (trossen). Reactiekrachten zullen dan optreden in de trossen. Daarnaast kan de krachtwerking verminderd worden door de vaarsnelheid te reduceren.

## 2.3 Minimale breeksterkte

Een afgemeerd schip zal in zijn trossen krachten ondervinden die de beweging tegenwerken. De classificatiemaatschappijen<sup>1</sup> schrijven voor schepen de minimale breeksterkte van de meerlijnen voor.

Uit de classificatieregels van de classificatiemaatschappij Det Norske Veritas (DNV) (Det Norske Veritas, 2010), volgt een minimale breeksterkte van de meerlijn. Figuur 9 toont de minimale breeksterkte (minimum breaking strength kN) in functie van het 'equipment number'. Daarnaast worden in de tabel ook het minimum aantal meerlijnen vermeld. Het equipment number wordt bepaald volgens de formulering uit Figuur 10.

Figuur 9: Minimale breeksterkte in functie van equipment number volgens DNV (Det Norske Veritas, 2010)

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables				Towline (guidance)		Mooring lines <sup>1)</sup> (guidance)		
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					NV K1 mm	NV K2 mm	NV K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
30-49	a <sub>0</sub>	2	120	192.5	12.5			170	88.5	2	80	32
50-69	a	2	180	220	14	12.5		180	98.0	3	80	34
70-89	b	2	240	220	16	14		180	98.0	3	100	37
90-109	c	2	300	247.5	17.5	16		180	98.0	3	110	39
110-129	d	2	360	247.5	19	17.5		180	98	3	110	44
130-149	e	2	420	275	20.5	17.5		180	98	3	120	49
150-174	f	2	480	275	22	19		180	98	3	120	54
175-204	g	2	570	302.5	24	20.5		180	112	3	120	59
205-239	h	2	660	302.5	26	22	20.5	180	129	4	120	64
240-279	i	2	780	330	28	24	22	180	150	4	120	69
280-319	j	2	900	357.5	30	26	24	180	174	4	140	74
320-359	k	2	1020	357.5	32	28	24	180	207	4	140	78
360-399	l	2	1140	385	34	30	26	180	224	4	140	88
400-449	m	2	1290	385	36	32	28	180	250	4	140	98
450-499	n	2	1440	412.5	38	34	30	180	277	4	140	108
500-549	o	2	1590	412.5	40	34	30	190	306	4	160	123
550-599	p	2	1740	440	42	36	32	190	338	4	160	132
600-659	q	2	1920	440	44	38	34	190	371	4	160	147
660-719	r	2	2100	440	46	40	36	190	406	4	160	157
720-779	s	2	2280	467.5	48	42	36	190	441	4	170	172
780-839	t	2	2460	467.5	50	44	38	190	480	4	170	186
840-909	u	2	2640	467.5	52	46	40	190	518	4	170	201

Voor de berekening van het equipment number werd het bovenwaterschip van het vissersschip Stephanie gebruikt. In Tabel 3 vindt men tussenresultaten voor deze berekening met als resultaat van het equipment number de waarde 349. Dit getal legt de minimale breeksterkte van de meerlijnen op 78 kN. Het schip dient daarnaast te beschikken over 4 meerlijnen.

<sup>1</sup> De vereisten hangen niet af van de classificatiemaatschappij, alle klassebureaus hanteren dezelfde eisen

Figuur 10: Equipment number (Det Norske Veritas, 2010)

### C. Equipment Specification

#### C 100 Equipment number

101 The equipment number is given by the formula:

$$E N = \Delta^{2/3} + 2 B H + 0.1 A$$

H = effective height in m from the summer load waterline to the top of the uppermost deckhouse, to be measured as follows:

$$H = a + \sum h_i$$

a = distance in m from summer load waterline amidships to the upper deck at side

$h_i$  = height in m on the centre line of each tier of houses having a breadth greater than B/4. For the lowest tier,  $h_i$  shall be measured at centre line from the upper deck, or from a notional deck line where there is local discontinuity in the upper deck

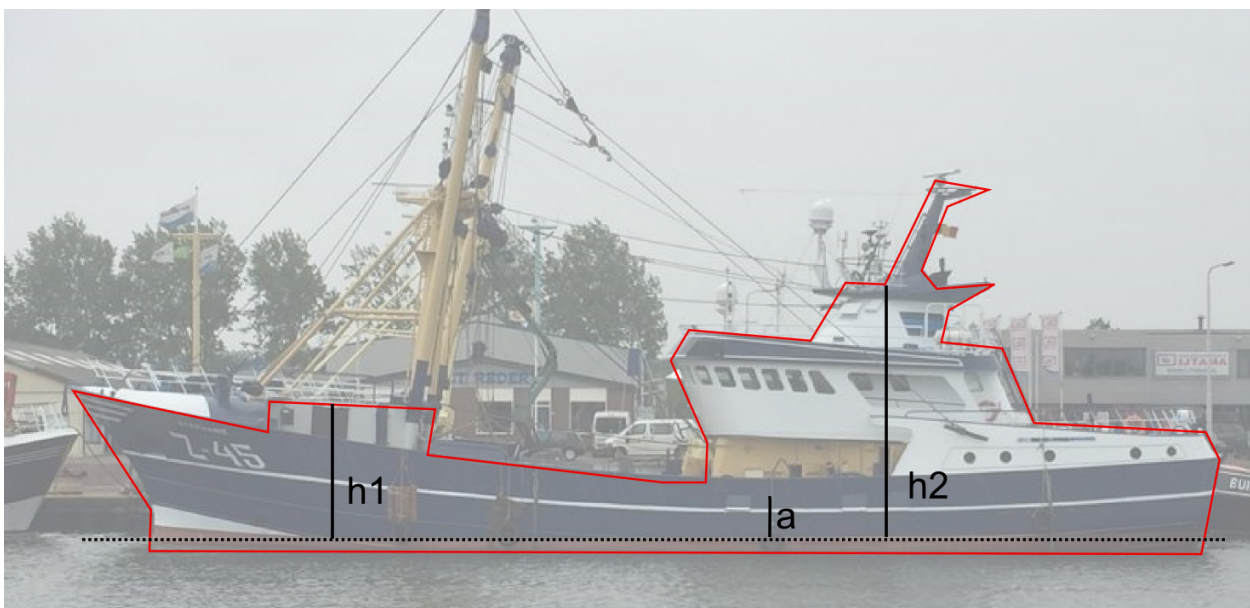
A = area in  $m^2$  in profile view of the hull, superstructures and houses above the summer load waterline, which is within L of the ship. Houses of breadth less than B/4 shall be disregarded.

In the calculation of  $\sum h_i$  and A sheer and trim shall be ignored.

Windscreens or bulwarks more than 1.5 m in height shall be regarded as parts of superstructures and of houses when determining H and A. The total area of the mentioned items measured from the deck, shall be included.

The area of hatch coamings more than 1.5 m in height above deck at side shall be included in A.

Figuur 11: Berekening equipment number (EN): aanduiding a en  $h_i$  (Bron: Marine Traffic, Kees Koese)



Tabel 3: Berekening equipment number (EN)

Displacement ( $\Delta$ )	579.125	ton
B	9	m
H	14.49	m
a	1.5	m
h1	4.57	m
h2	8.42	m
A (binnen rode contour in Figuur 11)	183	m <sup>2</sup>
<b>EN</b>	<b>349</b>	

## 3 Resultaten

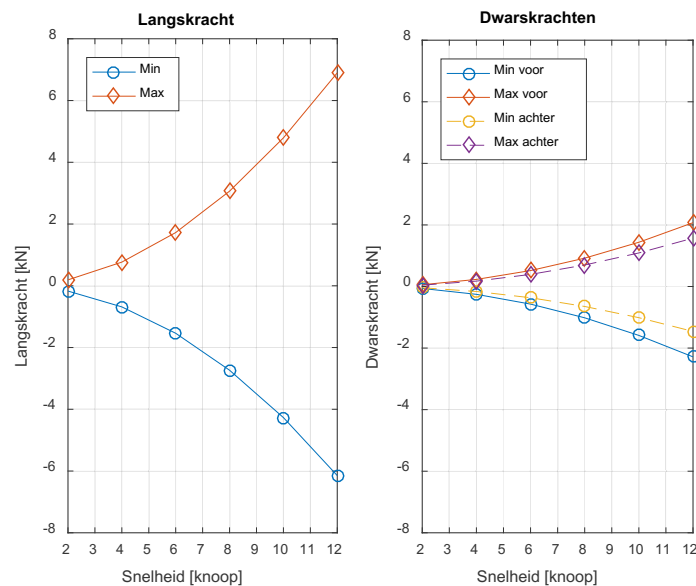
### 3.1 Langs- en dwarskrachten

Figuur 12 tot en met Figuur 15 tonen de minimale en maximale langs- en dwarskrachten (voor- en achteraan), werkend op het vissersschip wanneer het schip RoRo1 passeert bij verschillende snelheden. Voor de vier afmeerposities van het vissersschip werd een figuur gegenereerd. In Figuur 16 wordt de krachtwerking voor de vier posities vergeleken bij de snelheden 2, 4 en 6 knoop. Het maximum van de absolute waarde van de extrema (minimum of maximum) wordt getoond. In Bijlage 1 worden de numerieke resultaten voorgesteld in tabelvorm.

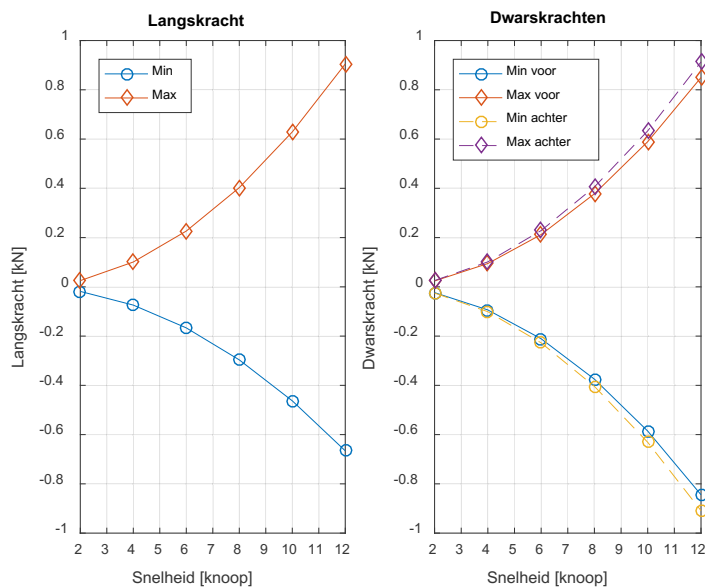
Men merkt op dat de krachten toenemen met de snelheid. In de meeste gevallen is langskracht duidelijk groter dan de dwarskrachten. Enkel voor positie 2 is de grootteorde van langs- en dwarskrachten gelijkaardig. Het vissersschip op positie 4 ondervindt de grootste krachtwerking met langskracht van 22 kN bij 12 knoop. Bij 6 knoop bedraagt de langskracht nog ongeveer 5 kN en de dwarskracht is bij deze snelheid kleiner dan 1 kN.

Vermits tijdens de berekeningen duidelijk werd dat positie 4 de meest nadelige was, werden berekeningen voor positie 4 met het schip RoRo2 herhaald. Dit schip bezit de hoofdafmetingen van het simulatieschip uit (Vos *et al.*, 2017). De resulterende krachten (zie Bijlage 1) op het vissersschip zijn groter bij RoRo2 dan bij RoRo1. Bij 12 knoop bedraagt de maximale langskracht 26 kN, bij 6 knoop is dit ongeveer 6.5 kN.

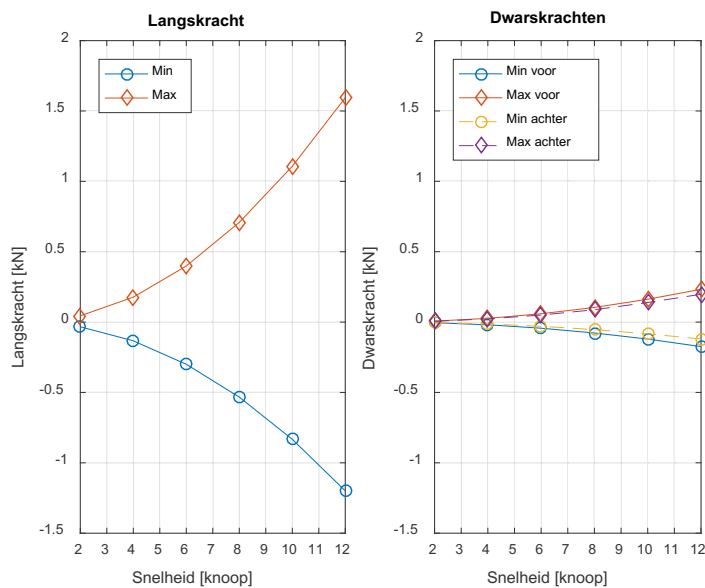
Figuur 12: RoRo1 passeert vissersschip op positie 1: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip



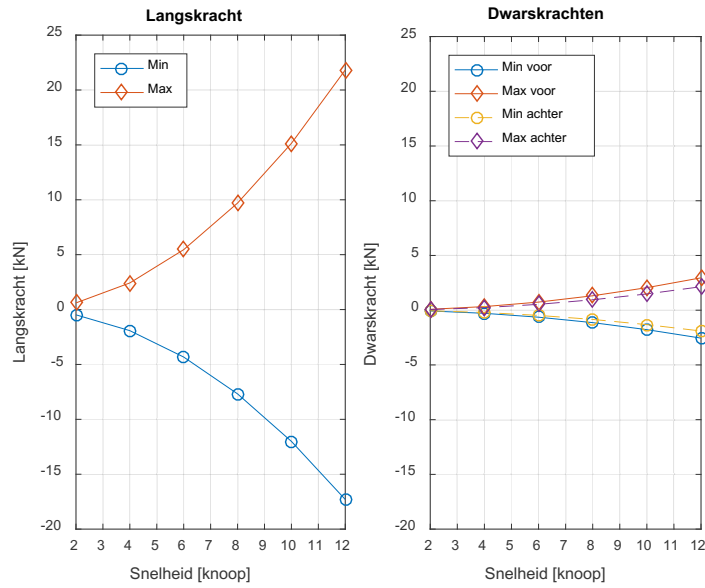
Figuur 13: RoRo1 passeert vissersschip op positie 2: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip



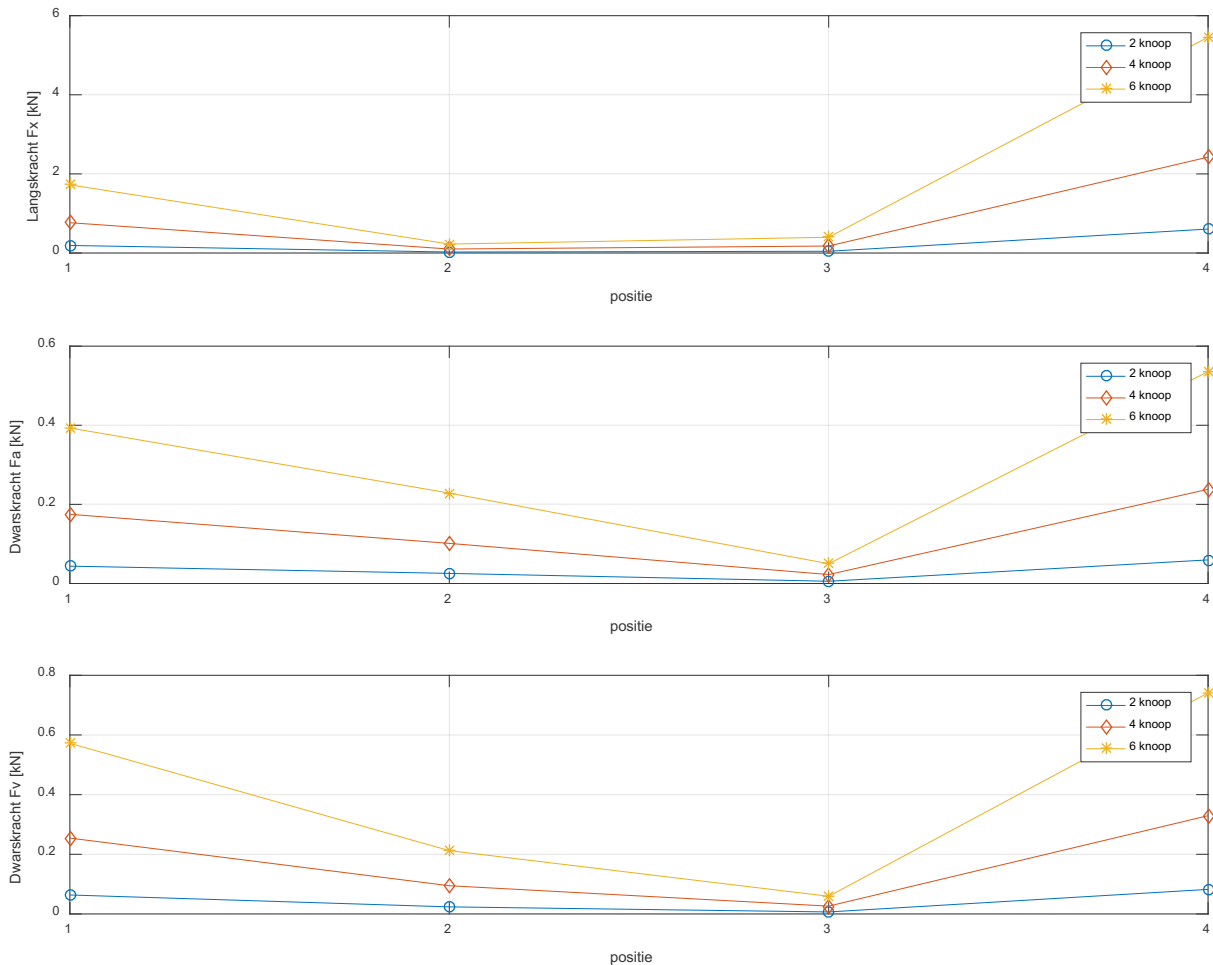
Figuur 14: RoRo1 passeert vissersschip op positie 3: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip



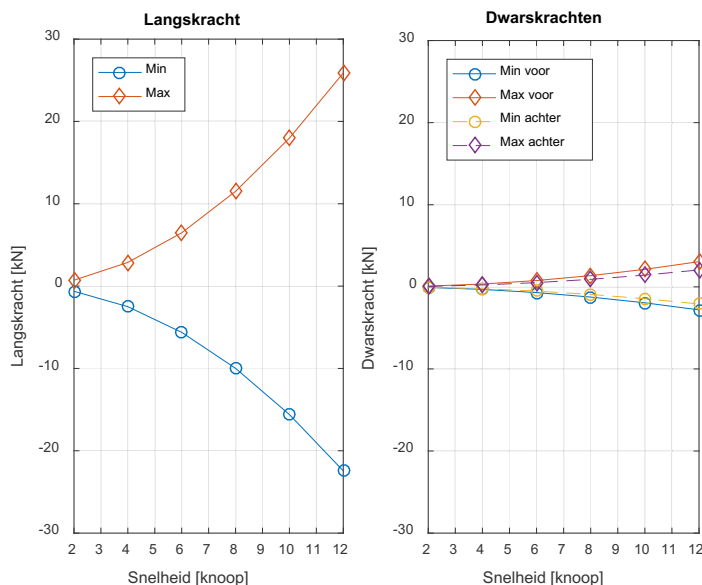
Figuur 15: RoRo1 passeert vissersschip op positie 4: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip



Figuur 16: RoRo1 passeert vissersschip, krachten in functie van afmeerpositie van het vissersschip bij 2, 4 en 6 knoop



Figuur 17: RoRo2 passeert vissersschip op positie 4: langskracht en dwarskrachten op het vissersschip



### 3.2 Vergelijking met minimale breeksterkte

De minimale breeksterkte voor het onderzochte vissersschip bedraagt 78 kN.

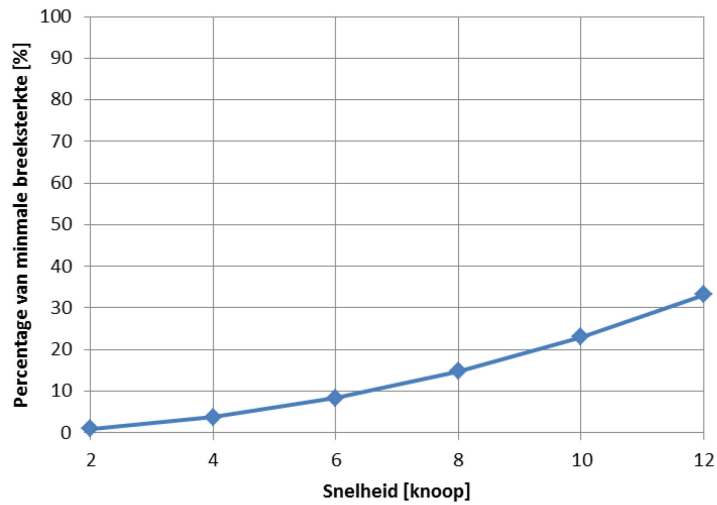
Voor de bespreking wordt enkel positie 4 beschouwd met RoRo2 vermits dit de extreemste situatie betreft. Indien men veronderstelt dat één meerlijn de volledige resulterende kracht op het schip dient op te nemen, dan kan men de minimale breeksterkte rechtstreeks vergelijken met de maximale (langs)kracht, werkend op het schip. Er wordt gekozen voor de langskracht vermits de dwarskrachten een orde kleiner zijn dan de langskracht. In Figuur 18 wordt het percentage van minimale breeksterkte in functie van de snelheid getoond. Hieruit volgt dat bij een snelheid lager dan 6 knoop de kracht minder dan 10% bedraagt van de minimale breeksterkte. Bij 8 knoop is deze kracht nog kleiner dan 20%. Voor een studie voor het Albertkanaal (en bij uitbreiding van andere vaarwegen) werd op basis van een Ropes-analyse gerekend met een maximaal toelaatbare kracht van 20% van de breeksterkte als eerste inschatting (Vantorre *et al.*, 2014).

Vermits ook kleinere vissersschepen in de vismijn afgemeerd worden, werd ook hiervoor een inschatting gemaakt. Er werden geen berekeningen met ROPES uitgevoerd met een kleiner schip. Een kleiner schip zal echter resulteren in kleinere resulterende krachten. Indien men dezelfde blokcoëfficiënt veronderstelt als het vissersschip uit voorliggende studie dan kan men met nieuwe afmetingen een nieuw displacement berekenen. Het schip Aquarius (zie Figuur 2) meet 21.91 m x 5.81 m en wordt gebruikt als het kleine vissersschip. Indien men een diepgang van 3 m veronderstelt en zelfde  $a$  en  $h_i$ -waarden als eerder gebruikt dan wordt het equipment number 313 en dit met een displacement van 195 ton. De minimale breeksterkte bedraagt vervolgens 74 kN i.p.v. de eerder gedefinieerde 78 kN. Dit verschil is eerder klein te noemen en het percentage van de krachten zal dus in de buurt liggen van de reeds eerder berekende krachten.

De springlijnen (voor- en achterwaarts) zullen de langskrachten opnemen. De dwarskrachten voor en achter worden ook opgevangen door elk één lijn. Er spelen ook dynamische effecten. Als er één lijn slak hangt dan zal de kracht in de lijn die de kracht opvangt vergroten tot zelfs verdubbelen. Het systeem werkt immers als een massa-veer systeem.



Figuur 18: Vergelijking maximale langskracht met minimale breeksterkte voor vissersschip1 en vissersschip2



### 3.3 Secundair golfsysteem

De krachtwerking gerelateerd aan van het secundair golfsysteem is (bij lage Froudegetallen op basis van lengte) veel minder groot. Dit Froudegetal laat toe om een inschatting te maken van de golflengte en amplitude van transversale golven. Voor een schip met lengte 203 m (RoRo1) dat 6 knoop vaart geldt:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{gL}} = \frac{6 \cdot 1852/3600}{\sqrt{9.81 \cdot 203}} = 0.07$$

De golflengte van zo'n schepen (transversale golven) is circa 6.1 m wat niet problematisch zal zijn vermits de amplitude ook klein zal zijn.

## 4 Conclusie en aanbevelingen

Indien een westelijk locatiealternatief gekozen wordt in het complex project Nieuwe Sluis Zeebrugge, dan zullen er grote zeeschepen de vismijn passeren. De vismijn uitte hun bekommernis en stelt zich vragen bij de impact op afgemeerde vissersschepen. Deze impact werd in voorliggende studie onderzocht. Vanwege het relatief korte tijdsbestek werd er pragmatisch te werk gegaan en werden enkele aannames doorgevoerd. Met het programma ROPES werden kracht berekend op een afgemeerd vissersschip bij verschillende vaarsnelheden. Vier locaties van het vissersschip werden onderzocht. De meeste berekeningen werden uitgevoerd met een roro-schip met afmetingen 203 m x 31 m x 9.5 m. Voor locatie 4, welke de locatie bleek te zijn met de grootste invloed van het passerend schip, werden berekeningen herhaald met een groter schip. Dit groter schip heeft afmetingen overeenkomstig het simulatieschip gebruikt in de eerdere simulatiestudie (Vos *et al.*, 2017), 265 m x 40 m x 9.5 m.

Het vissersschip werd geselecteerd uit een lijst van de Belgische vissersvaartuigen in Zeebrugge (toestand 9 oktober 2014). Het geselecteerde schip is eerder aan de grote kant (35 m x 9 m x 3.6 m). Hoe groter het afgemeerd schip hoe groter de resulterende krachten op dit schip. De resultaten van de berekeningen zijn op die manier eerder aan de grote kant wat dus veilig is. De classificatiemaatschappijen schrijven voor wat de minimale breeksterkte moet zijn van de meerlijnen. Voor het vissersschip werd deze minimale breeksterkte bepaald als 78 kN.

Uit de berekeningen met ROPES met het grootste schip volgt dat voor de meest nadelige afmeerpositie bij een snelheid lager dan 6 knoop de kracht minder dan 10% van de minimale breeksterkte bedraagt. Bij 8 knoop is deze kracht nog steeds kleiner dan 20%. De simulatiestudie toonde aan dat de snelheden in de drie westelijke varianten steeds kleiner was dan 6 knoop ter hoogte van de vismijn.

Het systeem is een dynamisch (massa-veer) systeem dat er voor zorgt dat in werkelijkheid de krachten in de lijnen nog kunnen vergroten, tot zelfs verdubbelen. Rekening houdend met de gangbare snelheden kleiner dan 6 knoop, is er nog steeds geen probleem. Verder geldt ook dat de gehanteerde geometrie (zie Figuur 4) licht vereenvoudigd werd. In werkelijkheid is de geometrie in de buurt van positie 4 een beetje anders wat zal resulteren in krachten die een beetje afwijken van de berekende in voorliggende studie. De schepen die meer naar het oosten afgemeerd worden, of langs de pier (positie 1 en 2) ondervinden minder hinder van passerende schepen. Berekeningen werden uitgevoerd met een schip varend richting het zuiden. Analoge conclusies kunnen getrokken worden voor een schip varend richting het noorden. Er werd geen parametervariatie onderzocht voor wat betreft de afstand tussen het varend schip en het afgemeerd schip. Het is mogelijk dat in werkelijkheid de schepen iets dichter bij de afgemeerde schepen varen. Dit zal resulteren in iets grotere krachten in de meerlijnen. Er is echter voldoende reserve. Indien het locatiealternatief 'Carcocksite' uitgevoerd wordt, dan zal de waterdiepte ter hoogte van de vismijn soms kleiner zijn dan 18 m wat in een andere krachtwerking zal resulteren. Dit effect werd niet bestudeerd.

Tot slot wordt nog vermeld dat de impact van golven op de oever of kade niet bestudeerd werd. Voor de krachtwerking op de afgemeerde schepen heeft het primair golfsysteem de grootste invloed. Het secundair golfsysteem kan mogelijks ook kortere golven bevatten die kleine bewegingen op de afgemeerde schepen veroorzaken. Een sleepboot, die eerder klein is t.o.v. een roro-schip, kan vermoedelijk ook golven veroorzaken die vervolgens met een zekere impact op de kade terechtkomen. De sleepbootkapitein dient hiermee rekening te houden.

## 5 Referenties

**Det Norske Veritas.** (2010). Rules for classification of ships: part 3, chapter 3. Hull equipment and safety. 90 pp.

**Vantorre, M.; Candries, M.; Delefortrie, G.** (2014). Controle vaarsnelheden Albertkanaal. Verslag. Contract nr. 40010170 in opdracht van nv De Scheepvaart. Versie 4.0: Gent / Antwerpen

**Vos, S.; Eloot, K.; Peeters, P.; Mostaert, F.** (2017). Nieuwe Sluis Zeebrugge (NSZ): Nautische screening alternatieven met vaarsimulaties. *WL Rapporten*: Antwerpen

## Bijlage 1: resultaten krachten

Tabel 4: Resulterende krachten op het vissersschip

Varend schip		Afgemeerd ship		Minima (kN)			Maxima (kN)		
Naam	Snelheid	Naam	Positie	Fx	Fa	Fv	Fx	Fa	Fv
RoRo1	2	Vissersschip	1	-0.17	-0.04	-0.06	0.19	0.04	0.06
RoRo1	4	Vissersschip	1	-0.68	-0.16	-0.25	0.77	0.17	0.23
RoRo1	6	Vissersschip	1	-1.54	-0.37	-0.57	1.72	0.39	0.52
RoRo1	8	Vissersschip	1	-2.74	-0.65	-1.02	3.07	0.70	0.92
RoRo1	10	Vissersschip	1	-4.27	-1.01	-1.59	4.79	1.09	1.44
RoRo1	12	Vissersschip	1	-6.15	-1.46	-2.29	6.90	1.57	2.07
RoRo1	2	Vissersschip	2	-0.02	-0.03	-0.02	0.03	0.03	0.02
RoRo1	4	Vissersschip	2	-0.07	-0.10	-0.09	0.10	0.10	0.09
RoRo1	6	Vissersschip	2	-0.17	-0.23	-0.21	0.23	0.23	0.21
RoRo1	8	Vissersschip	2	-0.30	-0.40	-0.37	0.40	0.41	0.38
RoRo1	10	Vissersschip	2	-0.46	-0.63	-0.59	0.63	0.63	0.59
RoRo1	12	Vissersschip	2	-0.67	-0.91	-0.84	0.91	0.91	0.85
RoRo1	2	Vissersschip	3	-0.03	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01
RoRo1	4	Vissersschip	3	-0.13	-0.01	-0.02	0.18	0.02	0.03
RoRo1	6	Vissersschip	3	-0.30	-0.03	-0.04	0.40	0.05	0.06
RoRo1	8	Vissersschip	3	-0.53	-0.05	-0.08	0.71	0.09	0.10
RoRo1	10	Vissersschip	3	-0.83	-0.08	-0.12	1.11	0.14	0.16
RoRo1	12	Vissersschip	3	-1.20	-0.12	-0.17	1.59	0.20	0.23
RoRo1	2	Vissersschip	4	-0.48	-0.05	-0.07	0.61	0.06	0.08
RoRo1	4	Vissersschip	4	-1.92	-0.21	-0.28	2.43	0.24	0.33
RoRo1	6	Vissersschip	4	-4.33	-0.48	-0.64	5.46	0.54	0.74
RoRo1	8	Vissersschip	4	-7.68	-0.84	-1.14	9.70	0.95	1.32
RoRo1	10	Vissersschip	4	-12.01	-1.32	-1.78	15.14	1.49	2.06
RoRo1	12	Vissersschip	4	-17.30	-1.90	-2.55	21.83	2.14	2.96
RoRo2	2	Vissersschip	4	-0.62	-0.06	-0.08	0.72	0.06	0.09
RoRo2	4	Vissersschip	4	-2.50	-0.23	-0.31	2.88	0.23	0.34
RoRo2	6	Vissersschip	4	-5.62	-0.52	-0.70	6.47	0.52	0.77
RoRo2	8	Vissersschip	4	-9.99	-0.93	-1.25	11.51	0.92	1.37
RoRo2	10	Vissersschip	4	-15.60	-1.45	-1.95	17.98	1.43	2.13
RoRo2	12	Vissersschip	4	-22.44	-2.08	-2.81	25.89	2.06	3.07

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**  
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

**T** +32 (0)3 224 60 35

**F** +32 (0)3 224 60 36

[waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)